

(45) Publication Date.: September 11, 1999

(11) Registration No.: 10-0217872

(24) Registration Date: June 7, 1999

(21) Application No.: 10-1996-0056842

(22) Filing Date: November 22, 1996

(65) Laid-open Pub. No.: Pat.1998-0038017

(43) Laid-open Pub. Date: August 5, 1998

(73) Patentee: KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

(72) Inventor: KIM, Yang Han, KWON, Hyu Sang

(54) SYSTEM AND METHOD FOR MAKING IMAGE OF ACOUSTIC CHARACTERISTIC BY DETERMINING A HOLOGRAM OF A MOVING SOUND

Translation of abstract:

PURPOSE: A system and a method for making image of acoustic characteristic are provided to secure a hologram with high accuracy with regard to a moving sound source by measuring a sound pressure while shifting a microphone on a hologram surface.

CONSTITUTION: Two photoelectric sensors (11, 12) measure a direction and a velocity of a sound source which moves in a space. A microphone array (13) receives a sound pressure emitted from the sound source to generate electric signals indicating the sound pressure. A multiplexer (14) multiplexes a plurality of input signals comprising a shifting direction and a shifting velocity of the microphone array (13), the electric signals generated from the microphone array (13) and a shifting direction and a shifting velocity of the sound source inputted from the photoelectric sensors (11,12). A personal computer (15) calculates a sound pressure expected value in a sound field from a measured sound pressure value at a hologram surface (22) outputted from the multiplexer (14).

BEST AVAILABLE COPY

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
G03H 3/00

(45) 공고일자 1999년09월01일

(11) 등록번호 10-0217872

(24) 등록일자 1999년06월07일

(21) 출원번호 10-1996-0056842

(65) 공개번호 특1998-0038017

(22) 출원일자 1996년11월22일

(43) 공개일자 1998년08월05일

(73) 특허권자 한국과학기술원 윤덕용

(72) 발명자

대전광역시 유성구 구성동 373-1

김양한

대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 107동 1701호

권휴상

(74) 대리인

대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원

전영일

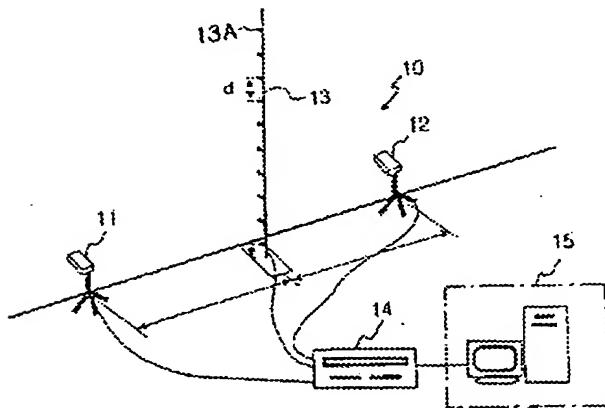
심사관 : 김희곤

(54) 이동음원의 홀로그래프를 측정하여 음향특성을 영상화하는 시스템 및 방법

요약

이 발명은 적은 수의 마이크로폰만으로 짧은 시간내에 고밀도의 측정점들에서의 음압을 측정하여 정확도가 높은 홀로그래프를 얻고 이동하는 음원에 대해서도 정확한 홀로그래프를 얻게 하기 위해, 상기 음원이 상기 공간속에서 이동하는 방향과 속도를 측정하기 위한 두 개의 광전감지기(11, 12)와, 상기 공간속을 이동하면서 상기 음원으로부터 방사되는 음압을 수용해서 상기 음압을 나타내는 전기신호들을 발생시키는 마이크로폰어레이(13)와, 상기 마이크로폰어레이(13)의 이동방향 및 이동속도와 상기 마이크로폰어레이(13)로부터 발생되는 상기 전기신호 및 상기 광전감지기(11, 12)들로부터 입력되는 상기 음원의 이동방향 및 이동속도를 나타내는 출력을 발생시키는 멀티플렉서(14 : multiplexer) 및, 상기 멀티플렉서(14)로부터 출력된 상기 홀로그래프면(22)에서의 측정음압치로 부터 음장 내에서의 음압에측치를 연산하는 퍼스널컴퓨터(15)를 포함하는 음향특성의 영상화 시스템을 제공한다.

대표도



영세서

도면의 간단한 설명

제1도는 이 발명의 한 실시예에 따른 이동음원의 홀로그래프를 측정하여 음향특성을 영상화하는 시스템의 구성을 나타내는 개략도이고,

제2도는 제1도에 도시된 이동음원의 홀로그래프를 측정하여 음향특성을 영상화하는 시스템에 의해 이동중인 자동차에 장착된 음원의 음향특성을 예측하는 과정에서 정한 상대좌표계와 절대좌표계를 도시한 도면이며,

제3도는 제1도에 도시된 이동음원의 홀로그래프를 측정하여 음향특성을 영상화하는 시스템에 의해 예측한 자동차의 옆면에서의 예측음압을 도시한 도면이고,

제4도는 제1도에 도시된 이동음원의 홀로그래프를 측정하여 음향특성을 영상화하는 시스템에 의해 예측한

자동차의 옆면에서의 예측음향인텐시티를 도시한 도면이며,

제5도는 제1도에 도시된 이동음원의 홀로그램을 측정하여 음향 특성을 영상화하는 시스템에 의해 이동중인 음원의 음향특성을 측정하는 과정을 설명하기 위한 그래프들이고,

제6도는 측정음압신호의 시간신호를 나타낸 그래프이며,

제7도는 제1도에 도시된 이동음원의 홀로그램을 측정하여 음향특성을 영상화하는 시스템에 의해 음향특성을 예측하는 과정에서 얻은 음압신호를 푸리에변환하여 얻은 스펙트럼을 도시한 도면이고,

제8도는 각각의 주파수별 파수스펙트럼들을 도시한 도면이다.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

11, 12 : 광전감지기

13 : 마이크로폰어레이

14 : 멀티플렉서

15 : 퍼스널컴퓨터

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

이 발명은 음장(sound field)내의 임의의 면(surface)에서의 홀로그램(hologram)을 이용하여 그러한 음장 내에서의 음원(acoustic source)의 위치를 탐색하고 방사특성(radiation properties)을 규명하기 위한 이동음원의 홀로그램을 측정하여 음향특성을 영상화하는 시스템 및 방법에 관한 것이며, 특히, 고정된 음원은 물론이고 이동하는 음원에 대해서도 소수의 마이크로폰(only a few microphones)만으로 정확하게 위치를 탐색하고 방사특성을 규명할 수 있는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

임의의 기준면(reference surface)에서의 음압(sound pressure)을 측정해서 음장의 홀로그램을 얻은 후에 음원에 관한 정보를 얻은 것은 민수산업이나 군수산업을 불문하고 다방면으로 활용되고 있는 것이다. 그러한 정보에는 음원의 원거리음장에서의 방향정보(a farfield directivity information)와 근거리음장에서의 벡터강도정보(a nearfield vector intensity information)와 표면속도정보(a surface velocity information) 및 총음강도정보(a total sound power information) 등이 있다.

위와 같이 구성된 음장의 홀로그램을 이용하여 음원의 위치 및 강도를 탐색하는 기술은 군수산업분야에서는 적군의 탐색을 위해 응용될 수 있으며, 민수산업분야에서는 소음원을 탐색하고 제거하거나 방음벽을 설치하는 데에 응용될 수 있다. 특히, 최근에는 환경권과 생활권에 대한 인식도가 높아지면서 그러한 소음원에 대한 정확한 정보를 입수해서 적절히 대처할 필요성이 커지고 있다.

이러한 음향의 홀로그래피에 관한 연구의 성과는 도처에 상당히 많이 축적되어 있으며, 그 중에서도 특히, 제이. 디. 메이나드(J. D. Maynard)와 이. 지. 윌리엄즈(E. G. Williams) 및 와이. 리(Y. Lee)의 1985년판 아메리카음향학회지 74권 4호의 1395 내지 1413면(Journal of the Acoustical Society of America; Vol. 74, No. 4, pp1395-1413)에 게재된 근거리음장에서의 음향홀로그래피(Nearfield acoustic holography : NAH)의 1. 일반홀로그래피이론 및 근거리음장에서의 음향홀로그래피의 개발(Theory of generalized holography and the development of NAH)이라는 논문과, 더블유. 에이. 베로네시(W. A. Veronesi) 및 제이. 디. 메이나드(J. D. Maynard)의 1988년판 아메리카음향학회지 81권 5호의 1307 내지 1322면(Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 81, No. 5, pp1307-1322)에 게재된 근거리음장에서의 음향홀로그래피(Nearfield acoustic holography : NAH)의 2. 홀로그래피를 이용한 구성의 알고리즘과 컴퓨터를 이용한 실행(Holographic reconstruction algorithms and computer implementation)이라는 논문과, 제이. 디. 메이나드(J. D. Maynard)와 이. 지. 윌리엄즈(E. G. Williams)의 미국특허 제4,415,996호에 기재된 파장무제한적 홀로그래픽음장구성(Nonwavelength-limited holographic sound field reconstruction)의 내용과, 비 앤드 케이(BK)사에서 발행한 1989년 테크니컬리뷰 제1호(Technical Review No 1, 1989, BK publication)에 게재된 제이. 할드(J. Hald)의 긴밀성에 무관한 추사식 근거리음장에서의 음향홀로그래피의 독특한 기술인 음장의 공간변환법(Method of Spatial Transformation of Sound Fields—a unique technique for scan-based near-field acoustic holography without restrictions on coherence)이라는 논문 및, 로요(Loyau)와 제이. 씨. 파스칼(J. C. Pascal) 및 피. 게일라드(P. Gaillard)의 1988년판 아메리카음향학회지 84권 5호의 1744 내지 1750면(Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 84, No. 5, pp1744-1750)에 게재된 음향강도측정치로부터 광역음향홀로그래피구성(Broadband acoustic holography reconstruction from acoustic intensity measurement)이라는 논문이 이 발명과 관련되어 있다.

여기에서 음향홀로그래피라고 함은 홀로그램면(hologram surface)이라고 불리는 기준면에서 홀로그램을 얻은 후에, 이러한 홀로그램을 분석하여 관심이 있는 모든 공간상의 임의의 위치에서의 음파의 특성, 즉, 거동을 예측하는 방법이다. 홀로그램면은 평면이나 원통면 또는 구면으로 정해질 수 있으며, 그러한 홀로그램면의 형태에 따라 평면음향홀로그래피(planar acoustic holography)와 원통면음향홀로그래피(cylindrical acoustic holography) 및 구면음향홀로그래피(spherical acoustic holography)로 구분된다.

평면음향홀로그래피는 무한한 평면상에서의 음압분포를 나타내는 홀로그램을 얻기 위한 것이므로, 이론상으로는 무한수의 측정점들에서의 음압을 측정해야 한다. 그러나, 실용상으로는 측정비용이나 시간상의 제한 등을 고려하여 유한수의 측정점들에서 음압을 측정하고 그러한 측정점들에서 음압을 측정하여 홀로그램을 얻고 있다. 그렇게 얻어지는 홀로그램의 정확도는 측정점의 밀도, 즉, 측정점들의 간격의 크기에 의존하게 되며, 측정점들의 간격이 커질수록 홀로그램의 정확도가 현저하게 떨어진다. 정확도가 낮은 홀로그램에 의해 예측된 음장의 신뢰도가 실추되는 것은 당연하며, 때로는 심각한 오차를 유발할 수도 있

다. 그러므로, 소요시간과 소요비용을 줄이면서도 정확도가 높은 홀로그래프를 얻을 수 있게 함으로써 오차의 우려가 없이 신뢰도가 높은 음향예측을 가능하게 하려는 노력과 연구가 계속되고 있다.

1988년판 아메리카음향학회지 81권 5호의 1307 내지 1322면에 게재된 근거리음장에서의 음향홀로그래피 : 2. 홀로그래프를 이용한 구성의 알고리즘과 컴퓨터를 이용한 실행 이라는 논문과, 미국특허 제4,415,996호에 기재된 파장 무제한적 홀로그래픽음장구성 내용의 내용은 16행×16열에 이르는 모든 측정점에 마이크로폰을 배치해두고 그러한 측정점들에서의 음압을 동시에 측정해서 홀로그래프를 얻는 것이다. 이러한 방법은 측정점의 수와 동일한 수의 마이크로폰과 측정장치를 구비해야 하므로, 측정비용이 많이 소요되는 단점을 갖는다.

비 앤드 케이(BK)사에서 발행한 1989년 테크니컬리뷰 제1호에 게재된 긴밀성에 무관한 주사식 근거리음장에서의 음향홀로그래피의 독특한 기술인 음장의 공간변환법 이라는 논문과, 1988년판 아메리카음향학회지 84권 5호의 1744 내지 1750면에 게재된 음향장도측정치로부터 광역음향홀로그래피구성이라는 논문에는 위와 같은 동시측정방식의 단점을 보완하고 개선하여 측정점의 수보다 적은 수의 마이크로폰과 측정장치를 구비하고 한 세트의 마이크로폰과 측정장치로 다수의 측정점에서의 음압을 순차적으로 측정하는 방법이 제안되어 있다. 그런데, 각각의 측정점에서 음압을 측정하기 위해서는 일정시간동안 마이크로폰을 그러한 측정점에 정지해 두어야 한다.

위에서 설명한 종래의 음압측정방법이 갖는 근본적인 한계는 마이크로폰과 음원간의 상대운동을 고려함이 없이 단순히 음압만을 측정하기 때문에 측정시간동안 마이크로폰과 음원이 정지되어 있을 경우에만 정확한 측정치를 얻을 수 있다는 것이다. 즉, 이동하는 음원에 대해서는 정확한 측정이 불가능했다. 또한, 고정된 음원에 대한 측정시에도 마이크로폰을 이동시키면서 측정하는 이른바 주사식 측정법(Scanning method for measuring)의 이용이 불가능했으므로, 측정에 소요되는 시간과 장비가 많았다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

그러므로, 이 발명은 홀로그래프면상에서 마이크로폰을 이동시키면서 음압을 측정함으로써 적은 수의 마이크로폰만으로 짧은 시간내에 고밀도의 측정점들에서의 음압을 측정하여 정확도가 높은 홀로그래프를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 이동하는 음원에 대해서도 정확한 홀로그래프를 얻을 수 있게 하려는 것이다.

발명의 구성 및 작용

[발명의 개요]

위와 같은 기술적 과제를 해결하기 위한 이 발명에 따르면, 주변의 공간에 에너지를 방사하는 음원의 임의의 파장(λ)을 갖는 임의의 음향특성에 대해 상기 음원과 함께 이동하는 임의의 홀로그래프면에서의 홀로그래프를 얻은 후에 그러한 홀로그래프를 이용하여 음장 내에서의 음향특성에측치를 연산하는 음향특성의 영상화 시스템에 있어서, 상기 음원이 상기 공간속에서 이동하는 방향과 속도를 측정하는 음원이동측정수단과, 상기 공간속에서 이동하면서 그러한 이동방향과 직각을 이루는 방향으로 상기 음향특성의 파장(λ)의 절반($\lambda/2$)보다 작은 간격을 두고 직렬로 배치된 다수의 위치들에서 상기 음원으로부터 방사되는 에너지를 수용해서 상기 에너지를 나타내는 신호들을 발생시키는 수용수단과, 상기 수용수단의 이동방향 및 이동속도와 상기 수용수단으로부터 발생하는 상기 신호 및 상기 음원이동측정수단으로부터 입력되는 상기 음원의 이동방향 및 이동속도를 포함하는 다수의 입력신호들을 단일의 출력선로를 통해 다중출력하는 다중송신수단과, 상기 다중송신수단으로부터 출력된 상기 홀로그래프면에서의 측정음향특성치로부터 음장내의 음향특성에너지를 연산하는 연산수단을 포함하고, 상기 연산수단은 상기 공간속에서 상기 음원이 동측정수단에 의해 측정된 상기 음원의 이동속도 및 이동방향과 일치되게 이동하는 홀로그래프표계 및 상기 공간속에서의 상기 수용수단의 이동속도 및 이동방향과 일치되게 이동하는 수용좌표계를 포함하는 상대좌표계를 정하며, 상기 수용좌표계에서의 좌표값으로 출력되는 상기 다중송신수단으로부터의 상기 수용수단에 관한 정보를 아래의 수학식 1에 따라 시간에 대해 푸리에변환(Fourier transform)함으로써 음장 내에서의 음향특성에측치를 연산하는 것을 특징으로 하는 음향특성의 영상화 시스템이 제공된다.

또한, 이 발명에 따르면, 음원과 함께 이동하는 임의의 홀로그래프면에서 상기 음원으로부터 주변의 공간에 방사되는 음향의 세기, 즉, 음압의 홀로그래프를 얻음으로써 음장 내에서의 음압에측치를 구하기 위한 것이며, 상기 음원이동측정수단은 상기 음원이 상기 공간속에서 이동하는 방향과 속도를 측정하기 위한 두 개의 광전감지기(photoelectric sensor)이고, 상기 수용수단은 상기 공간속을 이동하면서 상기 음원으로부터 방사되는 음압을 수용해서 상기 음압을 나타내는 전기신호(electric signals)들을 발생시키는 마이크로폰어레이이며, 상기 다중송신수단은 상기 마이크로폰어레이의 이동방향 및 이동속도와 상기 마이크로폰어레이로부터 발생하는 상기 전기신호 및 상기 광전감지기들로부터 입력되는 상기 음원의 이동방향 및 이동속도를 포함하는 다수의 입력신호들을 단일의 출력선로를 통해 다중출력하는 멀티플렉서(multiplexer)이고, 상기 연산수단은 상기 멀티플렉서로부터 출력된 상기 홀로그래프면에서의 측정음압치로부터 음장 내에서의 음압에측치를 연산하는 퍼스널컴퓨터이며, 상기 마이크로폰어레이는 상기 공간속에서의 상기 마이크로폰어레이의 이동방향과 직각을 이루는 방향으로 일정한 간격을 두고 직렬로 배치된 16개의 마이크로폰들을 포함하고, 상기 퍼스널컴퓨터는 상기 공간속에서 상기 두 개의 광전감지기들에 의해 측정된 상기 음원의 이동속도 및 이동방향과 일치되게 이동하는 홀로그래프표계 및 상기 공간속에서의 상기 마이크로폰어레이의 이동속도 및 이동방향과 일치되게 이동하는 수용좌표계를 포함하는 상대좌표계를 정하고, 상기 수용좌표계에서의 좌표값으로 출력되는 상기 멀티플렉서로부터의 상기 마이크로폰어레이에 관한 정보를 아래의 수학식 1에 따라 시간에 대해 푸리에변환(Fourier transform)함으로써 음장 내에서의 음압에측치를 얻도록 된 프로그램에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 음향특성의 영상화 시스템이 제공된다.

또한, 이 발명에 따르면, 주변의 공간에 에너지를 방사하는 음원의 임의의 파장(λ)을 갖는 임의의 음향특성에 대해 상기 음원과 함께 이동하는 임의의 홀로그래프면에서의 홀로그래프를 얻은 후에 그러한 홀로그래프를 이용하여 음장 내에서의 음향특성에측치를 연산하는 음향특성의 영상화 방법에 있어서, 개시시에

음원이동측정수단에 의해 감지된 음원의 초기위치에 관한 정보와 수용수단에서 출력된 상기 수용수단의 초기위치에 관한 정보를 다중송신수단에 의해 연산수단에 입력하는 초기정보입력단계와, 상기 연산수단이 상기 음원의 초기위치에 원점을 갖는 홀로그램좌표계와 수용좌표계를 정하는 좌표계설정단계와, 상기 수용수단에서 측정된 음향특성측정신호를 다음의 수학적 식 1에 의해 푸리에변환하여 음장 내에서의 음향특성예측치를 구하는 음향특성치연산단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 음향특성의 영상화 방법이 제공된다.

또한, 이 발명에 따르면, 음원과 함께 이동하는 임의의 홀로그램면에서 상기 음원으로부터 주변의 공간에 방사되는 음향의 세기, 즉, 음압의 홀로그램을 얻음으로써 음장 내에서의 음압예측치를 구하기 위한 것이며, 상기 초기정보입력단계에서는 개시시에 광전감지기에 의해 감지된 음원의 초기위치에 관한 정보와 마이크로폰어레이에서 출력된 상기 마이크로폰어레이의 초기위치에 관한 정보를 멀티플렉서에 의해 퍼스널컴퓨터에 입력하고, 상기 좌표계설정단계에서는 상기 퍼스널컴퓨터가 상기 음원의 초기위치에 원점을 갖는 홀로그램좌표계와 수용좌표계를 정하며, 상기 음향특성치연산단계에서는 상기 마이크로폰어레이에서 측정된 음압신호를 다음의 수학적 식 1에 의해 푸리에변환하여 음장 내에서의 음압예측치를 연산하는 것을 특징으로 하는 음향특성의 영상화 방법이 제공된다.

$$F_T\{p_{\text{me}}(u, y, z_H; t)\} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \sum_{f_1} \hat{p}_{\text{me}} \left(\frac{2\pi(f_1 - f)}{u}, y, z_H; f_1 \right) + \sum_{f_2} \hat{p}_{\text{me}} \left(\frac{2\pi(f_2 + f)}{u}, y, z_H; f_2 \right) \right\}$$

여기에서, F_T 는 푸리에변환함수인 것을 의미하며, p_{me} 는 시간변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 음향특성의 값을 의미하고, u 는 홀로그램좌표계에 대한 수용좌표계의 상대속도를 의미하며, z_H 는 홀로그램좌

표계에서의 홀로그램면의 Z축 좌표점을 의미하고, t 는 시간을 의미하며, \hat{p}_{me} 는 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 측정음향특성치를 의미하고, \hat{p}_{me} 는 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그램 좌표계에서의 측정음향특성치의 공액복소수를 의미하며, f 는 주파수의 변수를 의미하고, f_1 는 각각의 홀로그램별 주파수의 변수를 의미한다.

[발명의 양호한 실시예에 대한 설명]

이제, 첨부된 도면을 보면서, 이 발명에 따른 음향특성의 영상화 시스템의 양호한 실시예에 대해서 상세하게 설명하겠다.

제1도에는 이 발명의 한 실시예에 따른 음향특성의 영상화 시스템의 구성을 나타내는 개략도가 도시되어 있고, 제2도에는 제1도에 도시된 음향특성의 영상화 시스템(10)에 의해 이동중인 자동차에 장착된 음원의 음향특성을 예측하는 과정에서 정한 상대좌표계와 절대좌표계를 도시한 도면이 도시되어 있으며, 제3도 내지 제8도에는 이 발명의 한 실시예에 따른 음향특성의 영상화 시스템에 의해 음향특성을 예측하는 과정을 설명하기 위한 그래프들과 측정결과를 나타내는 그래프들 및 홀로그램이 도시되어 있다.

제1도에 도시된 실시예에 따른 음향특성의 영상화 시스템은 음원과 함께 이동하는 임의의 홀로그램면(22)에서 상기 음원으로부터 주변의 공간에 방사되는 음향의 세기, 즉, 음압의 홀로그램을 얻은 후에, 그러한 홀로그램을 이용하여 음장 내에서의 음압을 예측하기 위해 이용되는 음향특성의 영상화 시스템(10)이다. 이 실시예에 따른 음향특성의 영상화 시스템(10)은 상기 음원이 상기 공간속에서 이동하는 방향과 속도를 측정하기 위한 음원이동측정수단인 두 개의 광전감지기(11, 12 : photoelectric sensor)와, 상기 공간속을 이동하면서 상기 음원으로부터 방사되는 음압을 수용해서 상기 음압을 나타내는 전기신호(electric signals)들을 발생시키는 수용수단인 마이크로폰어레이(13)와, 상기 마이크로폰어레이(13)의 이동방향 및 이동속도와 상기 마이크로폰어레이(13)로부터 발생하는 상기 전기신호 및 상기 광전감지기(11, 12)들로부터 입력되는 상기 음원의 이동방향 및 이동속도를 포함하는 다수의 입력신호들을 단일의 출력선로를 통해 다중출력하는 다중송신수단인 멀티플렉서(14 : multiplexer)와, 상기 멀티플렉서(14)로부터 출력된 상기 홀로그램면(22)에서의 측정음압치로부터 음장 내에서의 음압예측치를 연산하는 연산수단인 퍼스널컴퓨터(15)를 포함한다.

이 실시예에서는 상기 마이크로폰어레이(13)가 상기 공간속에서의 상기 마이크로폰어레이의 이동방향과 직각을 이루는 방향으로 일정한 간격(d)을 두고 직렬로 배치된 16개의 마이크로폰(13A)들을 포함한다. 또한, 상기 퍼스널컴퓨터(15)를 제어하는 프로그램은, 제2도에 보이듯이, 상기 공간속에서 상기 두 개의 광전감지기(11, 12)들에 의해 측정된 상기 음원의 이동속도 및 이동방향과 일치되게 이동하는 홀로그램좌표계(C_{ho}) 및 상기 공간속에서의 상기 마이크로폰어레이(13)의 이동속도 및 이동방향과 일치되게 이동하는 수용좌표계(C_{me})를 포함하는 상대좌표계를 정하고, 상기 수용좌표계(C_{me})에서의 측정음압치를 아래의 수학적 식 2에 따라 시간에 대해 푸리에변환(Fourier transform)함으로써 음장 내에서의 음압예측치를 얻도록 짜여진 것이다.

$$F_T\{p_{\text{me}}(u, y, z_H; t)\} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \sum_{f_1} \hat{p}_{\text{me}} \left(\frac{2\pi(f_1 - f)}{u}, y, z_H; f_1 \right) + \sum_{f_2} \hat{p}_{\text{me}} \left(\frac{2\pi(f_2 + f)}{u}, y, z_H; f_2 \right) \right\}$$

여기에서, F_T 는 푸리에변환함수인 것을 의미하며, p_{me} 는 시간변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 음향특성의 값을 의미하고, u 는 홀로그램좌표계에 대한 수용좌표계의 상대속도를 의미하며, z_H 는 홀로그램좌

표계에서의 홀로그램면의 Z축 좌표점을 의미하고, t 는 시간을 의미하며, \hat{p}_{ω} 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 측정음향특성치를 의미하고, \hat{p}_{ω} 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그램 좌표계에서의 측정음향특성치의 공액복소수를 의미하며, f 는 주파수의 변수를 의미하고, f_1 는 각각의 홀로그램별 주파수의 변수를 의미한다.

상기 퍼스널컴퓨터(15)에서 연산된 음압치에 의한 홀로그램의 일례는 제3도와 제4도에 도시되어 있다. 제3도는 자동차의 옆면에서의 예측음압을 도시한 것이고, 제4도는 자동차의 옆면에서의 예측음향인텐시티를 도시한 것이다. 이러한 홀로그램면은 상기 퍼스널컴퓨터(15)의 출력부에 연결된 출력수단, 예를 들면, 브라운관이나 프린터 또는 플로터 등에 의해 표시된다. 또한, 이 실시예에서는 상기 멀티플렉서(14)로서 32채널 신호분석기(32 channel signal analyzer)를 이용하고 있다.

이제, 위의 수학적 식 1에 의해 위와 같은 수용좌표계(C_{mic})에서의 측정음압신호(p_{mic})가 홀로그램좌표계(C_{hol})에서의 음압예측치(p_{hol})로 푸리에변환되는 원리에 대하여 설명하겠다. 위와 같은 프로그램에 의해 제어되는 상기 퍼스널컴퓨터(15)가 설정한 상대좌표계 및 절대좌표계에서의 음압의 함수들은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

① 절대좌표계에서의 음압의 함수 : $p(x, y, z; t)$

② 수용좌표계에서의 음압의 함수 : $p_{mic}(x_m, y_m, z_m; t)$

③ 홀로그램좌표계에서의 음압의 함수 : $p_{hol}(x_h, y_h, z_h; t)$

이 때, $t=0$ 인 시각에는 모든 좌표계가 일치하고 상대운동이 X축 방향으로만 행해진다고 가정하면, 모든 좌표계에서의 Y 좌표값과 Z 좌표값은 동일하다. 즉, $y=y_m=y_h$ 이고, $z=z_m=z_h$ 이다. 그러므로, 홀로그램좌표계(C_{hol})에 대한 수용좌표계(C_{mic})의 상대속도를 u 라고 하고, 상기 마이크로폰어레이(13)를 홀로그램면($z=z_h$)상의 $x_m=0$ 인 위치에 두면, 측정음압신호는 다음의 수학적 식 3과 같이 표현된다.

$$p_{mic}(0, y, z_h; t) = p_{hol}(u, y, z_h; t)$$

즉, 상기 마이크로폰어레이(13)에서 측정한 음압신호의 좌표값을 홀로그램좌표계에서 좌표값으로 변환하고, 그렇게 변환된 좌표값을 이용하여 음장 내에서의 위한 음압예측치를 연산한다.

홀로그램은 각각의 주파수별 공간상의 음압분포이므로, 각각의 측정점에서의 음압신호를 시간에 대해 푸리에변환함으로써 얻어진 음압치들의 분포이다. 그러므로, 다음의 수학적 식 4 및 수학적 식 5와 같은 관계식이 얻어진다.

$$P_{hol}(x_h, y_h, z_h; f) = F_T \{ p_{hol}(x_h, y_h, z_h; t) \} \\ = \int_{-\infty}^{\infty} p_{hol}(x_h, y_h, z_h; t) e^{j2\pi ft} dt$$

$$p_{hol}(x_h, y_h, z_h; t) = F_T^{-1} \{ P_{hol}(x_h, y_h, z_h; f) \} \\ = \int_{-\infty}^{\infty} \hat{P}_{hol}(x_h, y_h, z_h; f) e^{-j2\pi ft} df$$

그런데, 상대운동의 영향이 포함되어진 음압신호에는 공간변수 x 에 시간 t 에 대한 변수가 포함되어 있으므로, 수학적 식 4와 수학적 식 5에 의한 단순한 시간에 대한 푸리에변환만으로는 홀로그램의 얻기 위한 음압예측치를 계산할 수 없으며, 다음의 수학적 식 6와 같은 관계식을 얻을 수 있을 뿐이다.

$$F_T \{ p_{hol}(u, y, z_h; t) \} = \frac{1}{u} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{P}_{hol} \left(\frac{2\pi(f_h - f)}{u}, y, z_h; f_h \right) df_h$$

$$\hat{P}_{hol} \left(\frac{2\pi(f_h - f)}{u}, y, z_h; f_h \right)$$

수학적 식 6에서, 우변의 $\hat{P}_{hol} \left(\frac{2\pi(f_h - f)}{u}, y, z_h; f_h \right)$ 의 항은 홀로그램을 3차원적으로 푸리에변환함으로써 얻어지는 파수 스펙트럼을 의미하며, 다음의 수학적 식 7 및 수학적 식 8과 같은 관계식을 충족시켜야 한다.

$$\hat{P}_{hol}(x_h, y_h, z_h; f) = F_N \{ P_{hol}(x_h, y_h, z_h; f) \} \\ = \int_{-\infty}^{\infty} P_{hol}(x_h, y_h, z_h; f) e^{-j2\pi x_h \alpha} d\alpha$$

$$P_{\omega}(x_1, y_1, z_H; f) = F_T \left\{ \hat{p}_{\omega}(k_x, y_1, z_H; f) \right\} \\ = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{p}_{\omega}(k_x, y_1, z_H; f) e^{i k_x x_1} d k_x$$

그러므로, 측정된 음압신호의 푸리에변환은 각각의 주파수(f_n)별 파수스펙트럼이 해당 주파수(f_n)를 중심으로 대역을 형성하며, 그러한 대역들은 중첩되어 나타난다. 그러므로, 임의의 주파수의 파수스펙트럼을 분리하여 역푸리에변환함으로써 해당주파수의 홀로그래를 얻을 수 있다.

각각의 주파수의 파수스펙트럼을 분리하기 위해서는 그러한 파수스펙트럼들이 서로 중첩되지 않아야 하므로, 그러한 파수스펙트럼들의 대역들이 해당주파수들의 사이의 간격보다 작아야 한다. 그러므로, 음원으로부터 방사되는 음향에는 대역신호가 아닌 독립된 주파수의 성분들만 존재해야 함을 알 수 있다. 1개의 순음성분을 방사하는 음장에서 측정된 음압신호를 푸리에변환 결과는 다음의 수학적 식 9 같은 관계식을 갖는다.

$$F_T \{ p_{\text{meas}}(u, y, z_H; t) \} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \sum_{f_1} \hat{p}_{\omega} \left(\frac{2\pi(f_1 - f)}{u}, y, z_H; f_1 \right) + \sum_{f_2} \hat{p}_{\omega} \left(\frac{2\pi(f_2 + f)}{u}, y, z_H; f_2 \right) \right\}$$

여기에서, F_T 는 푸리에변환함수인 것을 의미하며, p_{meas} 은 시간변수를 포함하는 홀로그래프표계에서의 음향특성의 값을 의미하고, u 는 홀로그래프표계에 대한 수용좌표계의 상대속도를 의미하며, z_H 는 홀로그래프표계에서의 홀로그래프면의 Z축 좌표점을 의미하고, t 는 시간을 의미하며, \hat{p}_{ω} 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그래프표계에서의 측정음향특성치를 의미하고, \hat{p}_{ω} 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그래프표계에서의 측정음향특성치의 공역복소수를 의미하며, f 는 주파수의 변수를 의미하고, f_1 는 각각의 홀로그래프별 주파수의 변수를 의미한다.

그리고, 제5도에 도시된 바와 같이, 단계 1에서 측정된 각각의 주파수(f_1)의 측정음압신호 $p_{\text{meas}}(0, y, z_H; t) = p_{\text{meas}}(u, y, z_H; t)$ 을 단계 2에서 푸리에변환한 파수스펙트럼을 단계 3에서 여파(filtering)하며, 이를 다시 단계 4에서 복조(demodulation)한 후에, 이를 다시 단계 5에서 역푸리에변환함으로써, 홀로그래프 $P_{\text{hol}}(u, y, z_H; f_0)$ 을 얻을 수 있다. 여기에서, 주파수와 파수의 관계는 다음의 수학적 식 10과 같다.

$$\frac{2\pi(f_1 - f)}{u} = k_x$$

수학적 식 10의 관계식과 파수스펙트럼의 대역의 크기로부터 주파수들의 간격조건을 구할 수 있다.

평면음향홀로그래피의 이론에서는 측정점 사이의 간격이 반파장($\lambda/2$)보다 작아야 하는데, 이 실시예에서는 측정점 사이의 간격을 해당주파수의 파장의 1/4, 즉 $\lambda/4$ 로 했다. 우선, 상대좌표계, 즉, 홀로그래프표계(C_{hol})와 수용좌표계(C_{mic})의 사이의 상대속도(u)를 마하수($M = \frac{u}{c}$)로 환산하여 다음의 수학적 식 11와 같은 조건을 구하였다.

$$M < 0.5$$

또한, 인접한 두 개의 주파수들간의 간격은 다음의 수학적 식 12와 같은 관계식에 의해 계산된다.

$$f_{i+1} - f_i = \frac{1}{2M} f_i$$

수학적 식 12에서 $f_{i+1} > f_i$, 즉, f_{i+1} 가 f_i 보다 항상 크다는 것을 알 수 있다. 일반적인 적용범위에서는 상대속도(u)가 음속(c)에 비해 매우 작으므로, 위와 같은 조건은 용이하게 충족된다.

제6도 내지 제8도의 D에는 이 실시예에 따른 음향특성의 영상화 시스템과 위에서 설명한 방법을 이용하여 상대속도(u)가 $u=3.4\text{m/sec}(M=0.01)$ 인 경우의 음원의 음압을 예측하는 것을 컴퓨터를 이용하여 모의실험한 결과가 도시되어 있다. 4개의 독립된 주파수별 음원으로는 단극점음원과 쌍극점음원을 조합해서 이용하였으며, 음원면에서 0.3m 떨어진 홀로그래프면(22)에서 X축을 따라 이동하는 측정점의 음압신호에 의해 음압치를 계산하였다. 제6도는 시간축과 음압신호축을 갖는 시간별 음압신호의 강도를 나타낸 그래프이고, 제7도는 그러한 음압신호를 푸리에변환하여 얻은 스펙트럼을 도시한 것이다. 또한, 제8(a)도에는 340Hz 중심의 파수스펙트럼이 도시되어 있고, 제8(b)도에는 390Hz 중심의 파수스펙트럼이 도시되어 있으며, 제8(c)도에는 680Hz 중심의 파수스펙트럼이 도시되어 있고, 제8(d)도에는 440Hz 중심의 파수스펙트럼이 도시되어 있다. 각각의 주파수별 파수스펙트럼들은 제8(a)도 내지 (d)도에 보이듯이 해당주파수를 중심으로 수심 헤르프(Hz)은 좁은 대역으로 나타나며, 그러한 파수스펙트럼을 자세히 살펴보면, 음원에 따라 고유한 홀로그래프의 특성을 알 수 있다.

이제, 이 실시예에 따른 음향특성의 영상화 시스템 및 위에서 설명한 방법을 이용하여 이동하는 음원에

대한 프로그램을 얻은 예에 대해 설명하겠다.

이동음원으로는 8.024m/sec(28.9km/hr)로 주행중인 자동차의 앞유리면에 고정되어 700Hz의 단일음을 방사하는 스피커를 사용하였다. 차량의 옆면에서 62cm 떨어진 평면상에 상기 마이크로폰어레이(13)를 설치하고 측정된 음압신호로부터 프로그램을 얻은 후에, 그러한 측정음압신호를 이용하여 음장 내에서의 음압예측치를 연산하였다. 이 때, 음압측정장치(10)의 마이크로폰어레이(13)로는 제1마이크로폰이 지상고도 5cm의 위치에 배치되고 제2마이크로폰 내지 제16마이크로폰은 인접한 다른 마이크로폰으로부터 10cm 이격된 위치에 배치된 선형 마이크로폰어레이를 이용하였으며, 상기 광전감지기(11, 12)들은 X축 방향으로 나란하게 상기 마이크로폰어레이(13)의 좌우측에 3m 이격된 채로 하나씩 배치하였고, 상기 멀티플렉서(14)로는 32 채널 신호분석기를 이용하였다. 이에 따라 측정된 음압과 음향의 세기는 제3도와 제4도에 각각 도시되어 있다. 제3도 및 제4도에 보이듯이 이 실시예에 따른 음향특성의 영상화 시스템 및 방법을 이용하여 얻어진 프로그램은 음원의 위치와 음의 세기 등과 같은 음향특성을 잘 나타내고 있다.

위에서 설명한 실시예는 이 발명을 제한하기 위한 것이 아니라 단지 예시하기 위한 것이다. 이 분야에 숙련된 자들은 이 발명의 기술적 사상 및 정신을 벗어남이 없이도 상기 실시예들에 대한 변형이나 변경 또는 조절이 가능함을 알 수가 있을 것이다. 예를 들어, 위에서 설명한 실시예에서는 평면프로그램을 얻는 방법을 설명하고 있지만, 이 발명은 그러한 평면프로그램에만 한정되는 것이 아니며, 음원에 대해 상대적인 직선운동을 하는 원통형 마이크로폰어레이를 이용하면, 원통면프로그램의 얻는 것에도 이용할 수 있다.

그러므로, 이 발명의 범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 제한될 것이며, 그러한 청구범위는 이 발명의 범위를 벗어나지 못한 모든 변형이나 변화에 또는 조절예들을 망라할 것이다.

발명의 효과

위에서 설명한 바와 같은 음향특성의 영상화 시스템을 이용하면, 홀로그램면(22)상에서 마이크로폰을 이동시키면 음압을 측정할 수 있으므로, 적은 수의 마이크로폰만으로 짧은 시간내에 고밀도의 측정점들에서의 음압을 측정하여 정확도가 높은 홀로그램을 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 이동하는 음원에 대해서도 정확한 홀로그램을 얻을 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

주변의 공간에 에너지를 방사하는 음원의 임의의 파장(λ)을 갖는 임의의 음향특성에 대해 상기 음원과 함께 이동하는 임의의 홀로그램면(22)에서의 홀로그램을 얻은 후에 그러한 홀로그램을 이용하여 음장 내에서의 음향특성예측치를 연산하는 음향특성의 영상화 시스템에 있어서, 상기 음원이 상기 공간속에서 이동하는 방향과 속도를 측정하는 음원이동측정수단(11, 12)과, 상기 공간속에서 이동하면서 그러한 이동방향과 직각을 이루는 방향으로 상기 음향특성의 파장(λ)의 절반($\lambda/2$)보다 작은 간격을 두고 직렬로 배치된 다수의 위치들에서 상기 음원으로부터 방사되는 에너지를 수용해서 상기 에너지를 나타내는 신호들을 발생시키는 수용수단(13)과, 상기 수용수단(13)의 이동방향 및 이동속도와 상기 수용수단(13)으로부터 발생하는 상기 신호 및 상기 음원이동측정수단(11, 12)으로부터 입력되는 상기 음원의 이동방향 및 이동속도를 포함하는 다수의 입력신호들을 단일의 출력선로를 통해 다중출력하는 다중송신수단(14)과, 상기 다중송신수단(14)으로부터 출력된 상기 홀로그램면(22)에서의 측정음향특성치로부터 음장내의 음향특성예측치를 연산하는 연산수단(15)을 포함하고, 상기 연산수단(15)은 상기 공간속에서 상기 음원이동측정수단(11, 12)에 의해 측정된 상기 음원의 이동속도 및 이동방향과 일치되게 이동하는 홀로그램좌표계 및 상기 공간속에서의 상기 수용수단(13)의 이동속도 및 이동방향과 일치되게 이동하는 수용좌표계를 포함하는 상대좌표계를 정하며, 상기 수용좌표계에서의 좌표값으로 출력되는 상기 다중송신수단(14)으로부터의 상기 수용수단(13)에 관한 정보를 아래의 수학적 식 1에 따라 시간에 대해 푸리에변환(Fourier transform)함으로써 음장 내에서의 음향특성예측치를 연산하는 것을 특징으로 하는 음향특성의 영상화 시스템.

$$F_T\{p_{rel}(u, y, z_H; t)\} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \sum_{f_1} \hat{p}_{rel} \left(\frac{2\pi(f_1 - f)}{u}, y, z_H; f_1 \right) + \sum_{f_2} \hat{p}_{rel} \left(\frac{2\pi(f_2 + f)}{u}, y, z_H; f_2 \right) \right\}$$

여기에서, F_T 는 푸리에변환함수인 것을 의미하며, p_{rel} 은 시간변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 음향특성의 값을 의미하고, u 는 홀로그램좌표계에 대한 수용좌표계의 상대속도를 의미하며, z_H 는 홀로그램좌표계에서의 홀로그램면의 Z축 좌표점을 의미하고, t 는 시간을 의미하며, \hat{p}_{rel} 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 측정음향특성치를 의미하고, \hat{p}_{rel} 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 측정음향특성치의 공액복소수를 의미하며, f 는 주파수의 변수를 의미하고, f_1 는 각각의 홀로그램별 주파수의 변수를 의미한다.

청구항 2

제1항에 있어서, 음원과 함께 이동하는 임의의 홀로그램면(22)에서 상기 음원으로부터 주변의 공간에 방사되는 음향의 세기, 즉, 음압의 홀로그램을 얻음으로써 음장 내에서의 음압예측치를 구하기 위한 것이며, 상기 음원이동측정수단(11, 12)은 상기 음원이 상기 공간속에서 이동하는 방향과 속도를 측정하기 위한 두 개의 광전감지기(photoelectric sensor)이고, 상기 수용수단(13)은 상기 공간속을 이동하면서 상기 음원으로부터 방사되는 음압을 수용해서 상기 음압을 나타내는 전기신호(electric signals)들을 발생시키는 마이크로폰어레이이며, 상기 다중송신수단(14)은 상기 마이크로폰어레이(13)의 이동방향 및 이

동속도와 상기 마이크로폰어레이(13)로부터 발생되는 상기 전기신호 및 상기 광전감지기(11, 12)들로부터 입력되는 상기 음원의 이동방향 및 이동속도를 포함하는 다수의 입력신호들을 단일의 출력선로를 통해 다중출력하는 멀티플렉서(14 : multiplexer)이고, 상기 연산수단(15)은 상기 멀티플렉서(14)로부터 출력된 상기 홀로그램면(22)에서의 측정음압치로부터 음장 내에서의 위한 음압예측치를 연산하는 퍼스널 컴퓨터이며, 상기 마이크로폰어레이(13)는 상기 공간속에서의 상기 마이크로폰어레이(13)의 이동방향과 직각을 이루는 방향으로 일정한 간격을 두고 직렬로 배치된 16개의 마이크로폰(13A)들을 포함하고, 상기 퍼스널컴퓨터(15)는 상기 공간속에서 상기 두 개의 광전감지기(11, 12)들에 의해 측정된 상기 음원의 이동속도 및 이동방향과 일치되게 이동하는 홀로그램좌표계 및 상기 공간속에서의 상기 마이크로폰어레이(13)의 이동속도 및 이동방향과 일치되게 이동하는 수용좌표계를 포함하는 상대좌표계를 정하고, 상기 수용좌표계에서의 좌표값으로 출력되는 상기 멀티플렉서(14)로부터의 상기 마이크로폰어레이(13)에 관한 정보를 아래의 수학적 식 1에 따라 시간에 대해 푸리에변환(Fourier transform)함으로써 음장 내에서의 음압예측치를 얻도록 된 프로그램에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 음향특성의 영상화 시스템.

$$F_T\{p_{no1}(u, y, z_H; t)\} = \frac{1}{2u} \left\{ \sum_{f_1} \hat{p}_{no1} \left(\frac{2\pi(f_1 - f)}{u}, y, z_H; f_1 \right) + \sum_{f_1} \hat{p}_{no1} \left(\frac{2\pi(f_1 + f)}{u}, y, z_H; f_1 \right) \right\}$$

여기에서, F_T 는 푸리에변환함수인 것을 의미하며, p_{no1} 은 시간변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 음향특성의 값을 의미하고, u 는 홀로그램좌표계에 대한 수용좌표계의 상대속도를 의미하며, z_H 는 홀로그램좌표계에서의 홀로그램면의 Z축 좌표점을 의미하고, t 는 시간을 의미하며, \hat{p}_{no1} 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 측정음향특성치를 의미하고, \hat{p}_{no1} 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 측정음향특성치의 공액복소수를 의미하며, f 는 주파수의 변수를 의미하고, f_1 는 각각의 홀로그램별 주파수의 변수를 의미한다.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 수용수단(13)이 음원에 대해 상대적인 직선운동을 하는 원통형 마이크로폰어레이인 것을 특징으로 하는 음향특성의 영상화 시스템.

청구항 4

주변의 공간에 에너지를 방사하는 음원의 임의의 파장(λ)을 갖는 임의의 음향특성에 대해 상기 음원과 함께 이동하는 임의의 홀로그램면(22)에서의 홀로그램을 얻은 후에 그러한 홀로그램을 이용하여 음장 내에서의 음향특성예측치를 연산하는 음향특성의 영상화 방법에 있어서, 개시시에 음원이동예측수단(11, 12)에 의해 감지된 음원의 초기위치에 관한 정보와 수용수단(13)에서 출력된 상기 수용수단(13)의 초기위치에 관한 정보를 다중송신수단(14)에 의해 연산수단(15)에 입력하는 초기정보입력단계와, 상기 연산수단(15)이 상기 음원의 초기위치에 원점을 갖는 홀로그램좌표계와 수용좌표계를 정하는 좌표계설정단계와, 상기 수용수단(13)에서 측정된 음향특성측정신호를 다음의 수학적 식 1에 의해 푸리에변환하여 음장 내에서의 음향특성예측치를 구하는 음향특성치연산단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 음향특성의 영상화 방법.

$$F_T\{p_{no1}(u, y, z_H; t)\} = \frac{1}{2u} \left\{ \sum_{f_1} \hat{p}_{no1} \left(\frac{2\pi(f_1 - f)}{u}, y, z_H; f_1 \right) + \sum_{f_1} \hat{p}_{no1} \left(\frac{2\pi(f_1 + f)}{u}, y, z_H; f_1 \right) \right\}$$

여기에서, F_T 는 푸리에변환함수인 것을 의미하며, p_{no1} 은 시간변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 음향특성의 값을 의미하고, u 는 홀로그램좌표계에 대한 수용좌표계의 상대속도를 의미하며, z_H 는 홀로그램좌표계에서의 홀로그램면의 Z축 좌표점을 의미하고, t 는 시간을 의미하며, \hat{p}_{no1} 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 측정음향특성치를 의미하고, \hat{p}_{no1} 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 측정음향특성치의 공액복소수를 의미하며, f 는 주파수의 변수를 의미하고, f_1 는 각각의 홀로그램별 주파수의 변수를 의미한다.

청구항 5

제4항에 있어서, 음원과 함께 이동하는 임의의 홀로그램면(22)에서 상기 음원으로부터 주변의 공간에 방사되는 음향의 세기, 즉, 음압의 홀로그램을 얻음으로써 음장 내에서의 음압예측치를 구하기 위한 것이며, 상기 초기정보입력단계에서는 개시시에 광전감지기(11, 12)에 의해 감지된 음원의 초기위치에 관한 정보와 마이크로폰어레이(13)에서 출력된 상기 마이크로폰어레이(13)의 초기위치에 관한 정보를 멀티플렉서(14)에 의해 퍼스널컴퓨터(15)에 입력하고, 상기 좌표계설정단계에서는 상기 퍼스널컴퓨터(15)가 상기 음원의 초기위치에 원점을 갖는 홀로그램좌표계와 수용좌표계를 정하며, 상기 음향특성치연산단계에서는 상기 마이크로폰어레이(13)에서 측정된 음압신호를 다음의 수학적 식 1에 의해 푸리에변환하여 음장 내에서의 음압예측치를 연산하는 것을 특징으로 하는 음향특성의 영상화 방법.

$$F_T\{p_{no1}(u, y, z_H; t)\} = \frac{1}{2u} \left\{ \sum_{f_1} \hat{p}_{no1} \left(\frac{2\pi(f_1 - f)}{u}, y, z_H; f_1 \right) + \sum_{f_1} \hat{p}_{no1} \left(\frac{2\pi(f_1 + f)}{u}, y, z_H; f_1 \right) \right\}$$

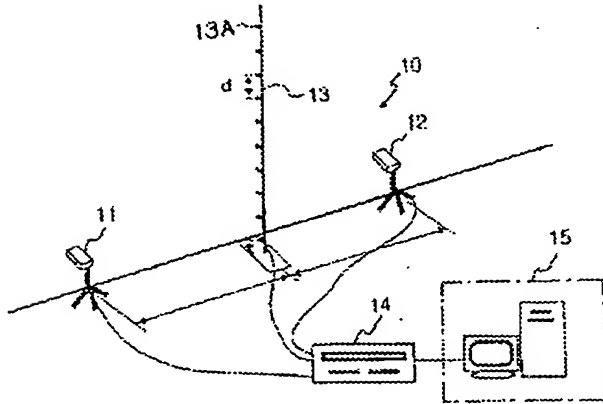
여기에서, F_1 는 푸리에변환함수인 것을 의미하며, p_{hol} 은 시간변수를 포함하는 홀로그램좌표계에서의 음향 특성의 값을 의미하고, u 는 홀로그램좌표계에 대한 수용좌표계의 상대속도를 의미하며, z_h 는 홀로그램좌 표계에서의 홀로그램면의 Z축 좌표점을 의미하고, t 는 시간을 의미하며, \hat{p}_1 은 파수별 주파수변수를 포 함하는 홀로그램좌표계에서의 측정음향특성치를 의미하고, \hat{p}_2 은 파수별 주파수변수를 포함하는 홀로그 램 좌표계에서의 측정음향특성치의 공액복소수를 의미하며, f 는 주파수의 변수를 의미하고, f_1 는 각각의 홀로그램별 주파수의 변수를 의미한다.

청구항 6

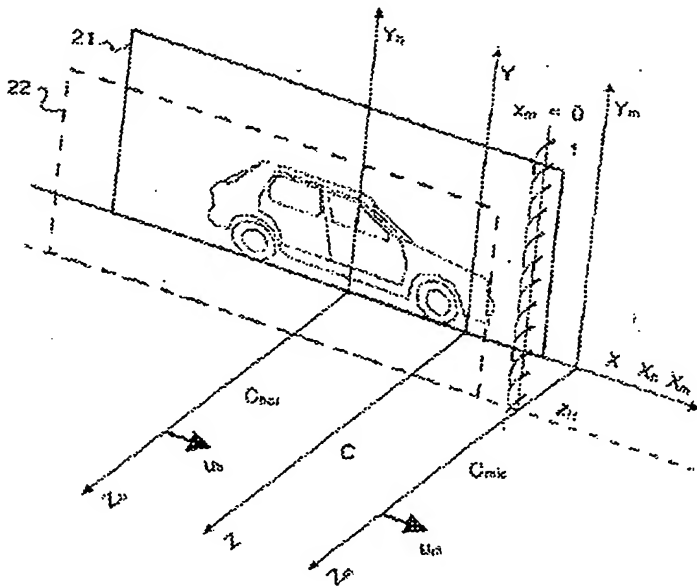
제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 수용수단(13)이 음원에 대해 상대적인 직선운동을 하는 원통형 마이크 로폰어레이인 것을 특징으로 하는 음향특성의 영상화 방법.

도면

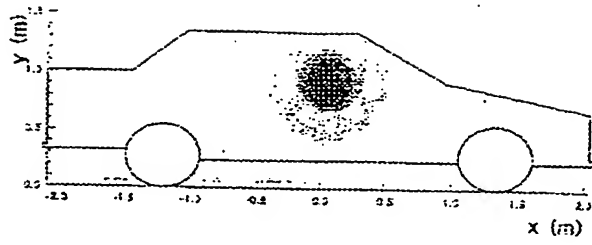
도면1



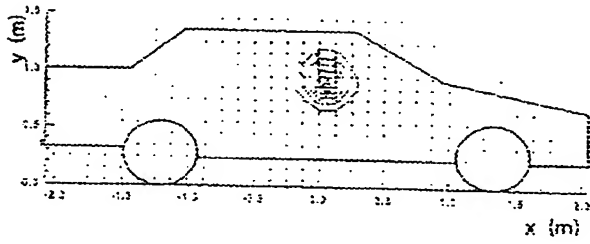
도면2



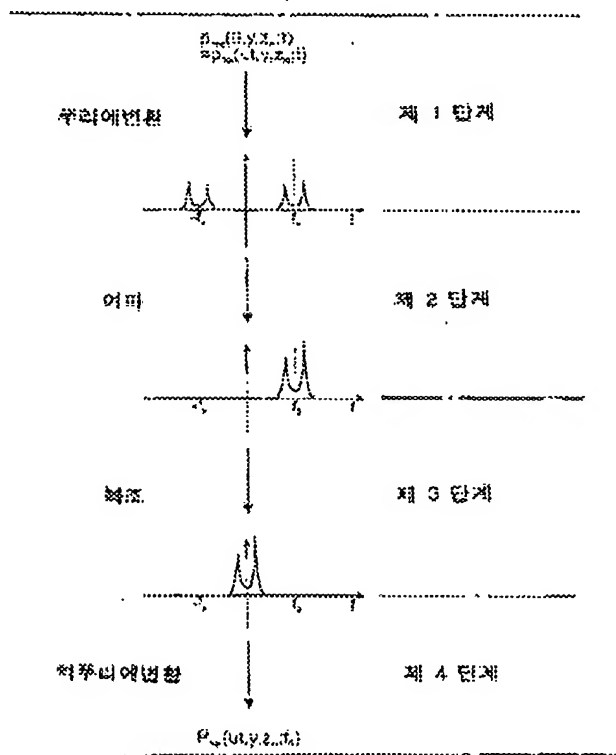
도면3



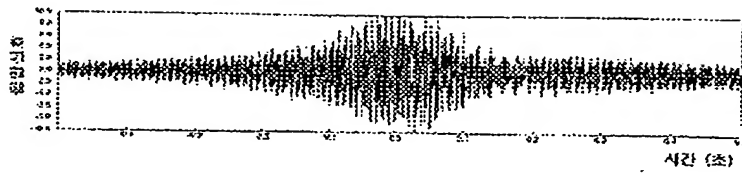
도면4



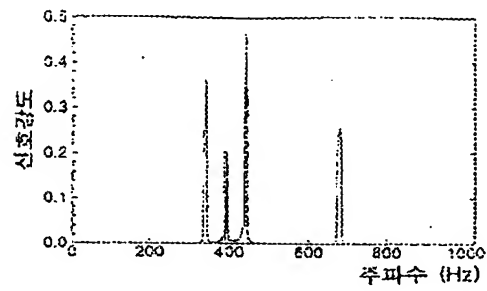
도면5



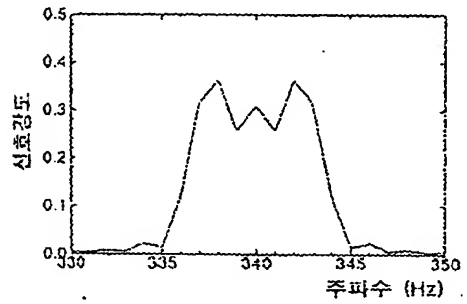
도면6



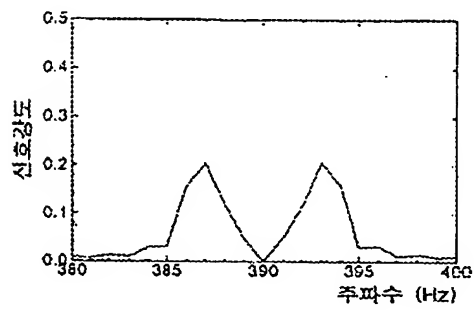
도면7



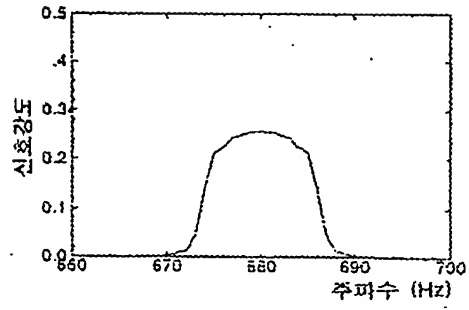
도면8a



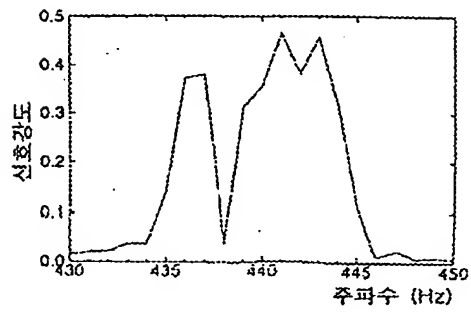
도면8b



도면8c



도면8d



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.